



TIDENTIFICAÇÃO DE LEVEDURAS ISOLADAS NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DO ANIL EM SÃO LUÍS-MA, BRASIL

IDENTIFICATION OF YEASTS ISOLATED FROM THE ANIL SEWAGE TREATMENT PLANT IN SÃO LUÍS, MARANHÃO, BRAZIL

Alice Maely Almeida Lima  , Universidade Ceuma, São Luís, Maranhão, Brasil.
Ábia de Jesus Martins Branco  , Universidade Ceuma, São Luís, Maranhão, Brasil.
Gessiane dos Santos de Souza  , Universidade Ceuma, São Luís, Maranhão, Brasil.
Camila Guerra Martinez  , Universidade Ceuma, São Luís, Maranhão, Brasil.
Marliete Carvalho da Costa  , Universidade Ceuma, São Luís, Maranhão, Brasil.



**Revista
Práxis em Saúde**

Ano III | Volume III | n I | Florianópolis | 2025 | ISSN: 2966-1056

DOI: <https://doi.org/10.56579/prxis.v4i1.3187>

IDENTIFICAÇÃO DE LEVEDURAS ISOLADAS NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DO ANIL EM SÃO LUÍS-MA, BRASIL

IDENTIFICATION OF YEASTS ISOLATED FROM THE ANIL SEWAGE TREATMENT PLANT IN SÃO LUÍS, MARANHÃO, BRAZIL

Alice Maely Almeida Lima , Universidade Ceuma, São Luís, Maranhão, Brasil.¹
Ábia de Jesus Martins Branco , Universidade Ceuma, São Luís, Maranhão, Brasil.²
Gessiane dos Santos de Souza , Universidade Ceuma, São Luís, Maranhão, Brasil.³
Camila Guerra Martinez , Universidade Ceuma, São Luís, Maranhão, Brasil.⁴
Marliete Carvalho da Costa , Universidade Ceuma, São Luís, Maranhão, Brasil.⁵

Resumo: As Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) são fundamentais na manutenção do saneamento básico, a regularidade dessas operações é de extrema relevância para a Saúde Pública. O presente estudo, visa compreender as principais informações sobre a patogenicidade de leveduras isoladas na ETE Anil, em São Luís/MA. Foram obtidas amostras, de diferentes operações realizadas na ETE Anil, seguido de isolamento, identificação por MALDI-TOF e conservação. Contudo, este estudo destaca os principais achados do isolamento: *C. parapsilosis*, *C. tropicalis*, *C. glabrata*, *C. krusei*, *C. metapsilosis*, *H. opuntiae* bem como as principais conclusões acerca da epidemiologia e patogenicidade dessas leveduras, considerando a presença de *C. parapsilosis* e *C. tropicalis* na Lista de Patógenos Fúngicos Prioritários da OMS (FPPL). Por fim, é sugerida a realização de estudos mais aprofundados sobre a virulência e aspectos clínicos das leveduras identificadas, assim como avaliar os impactos desses microrganismos na saúde pública em São Luís.

Palavras-chave: MALDI-TOF; OMS; FPPL; Águas Residuais.

Abstract: Sewage Treatment Plants (STPs) are essential for maintaining basic sanitation; their regular operation is extremely important for public health. This study aims to understand the key information on the pathogenicity of yeasts isolated at the Anil STP in São Luís, Maranhão. Samples were obtained from various operations at the Anil STP, followed by isolation, identification by MALDI-TOF, and conservation. However, this study highlights the main isolation findings: *C. parapsilosis*, *C. tropicalis*, *C. glabrata*, *C. krusei*, *C. metapsilosis*, and *H. opuntiae*, as well as the main conclusions about the epidemiology and pathogenicity of these yeasts, considering the presence of *C. parapsilosis* and *C. tropicalis* on the WHO Priority Fungal Pathogens List (FPPL). Finally, it is suggested that more in-depth studies be carried out on the virulence and clinical aspects of the identified yeasts, as well as to evaluate the impacts of these microorganisms on public health in São Luís.

Keywords: MALDI-TOF; WHO; FPPL; Wastewater.

¹ Discente do Curso de Graduação em Biomedicina, Universidade Ceuma, São Luís, Maranhão. Email: alicemaelyal@gmail.com

² Discente do Curso de Graduação em Biomedicina, Universidade Ceuma, São Luís, Maranhão. Email: abia.martins4@gmail.com

³ Programa de Pós-Graduação em Biociências Aplicadas à Saúde, Universidade Ceuma, São Luís - MA. Email: santosgessiane33@gmail.com

⁴ Docente da Universidade Ceuma, São Luís, Maranhão. E-mail: camila005150@ceuma.com.br

⁵ Docente da Universidade Ceuma, São Luís, Maranhão. E-mail: cmarliete@yahoo.com

INTRODUÇÃO

A água configura um pilar fundamental para o desenvolvimento socioeconômico e para a manutenção da saúde humana. Entretanto, também desempenha um papel considerável na transmissão de doenças e pode representar um grande risco à saúde atuando como veículo de poluentes químicos e patógenos (Pessanha, 2024).

A Organização Mundial da Saúde reconhece o acesso à água e ao saneamento como um direito essencial humano e como um fator fundamental para o gozo pleno da vida e de todos os outros direitos humanos, por meio da Resolução 64/292 de 28 de julho de 2010 (Penteado, 2023).

Adicionalmente, o tratamento de águas residuais é desenvolvido por diferentes sistemas ao redor do mundo, o objetivo comum é remover matéria orgânica, resíduos sólidos em suspensão e microrganismos patogênicos presentes no efluente (Carvalho *et al.* 2020).

O esgoto doméstico é composto principalmente por água residual, restos de comida, limpeza e higiene pessoal, as impurezas incorporadas precisam ser removidas antes que a água retorne aos ambientes naturais, dessa forma a coleta e o tratamento de esgoto são essenciais para promoção de saúde pública e manutenção dos recursos naturais (Ministério da Saúde, 2016, p. 1-4).

Atualmente, em São Luís do Maranhão, o sistema de esgotamento sanitário é classificado pelo Manual do Saneamento (2007) como Sistema Separador Absoluto (SSA) em que o esgoto doméstico e industrial é absolutamente separado do esgoto pluvial, por apresentarem características distintas e diferentes composições (Silva, 2015).

Ademais, a Estação de Tratamento de Esgoto do Anil coopera para a manutenção sanitária e saúde ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Anil, esse sistema de tratamento impede que milhares de litros de esgoto doméstico sem tratamento seja despejado diretamente no curso do Rio Anil, resultando na redução de doenças de veiculação hídrica (Gonzaga, 2023).

Assim sendo, o presente trabalho tem como objetivo compreender as principais informações sobre a patogenicidade de leveduras isoladas na estação de tratamento do Anil, em São Luís/Ma.

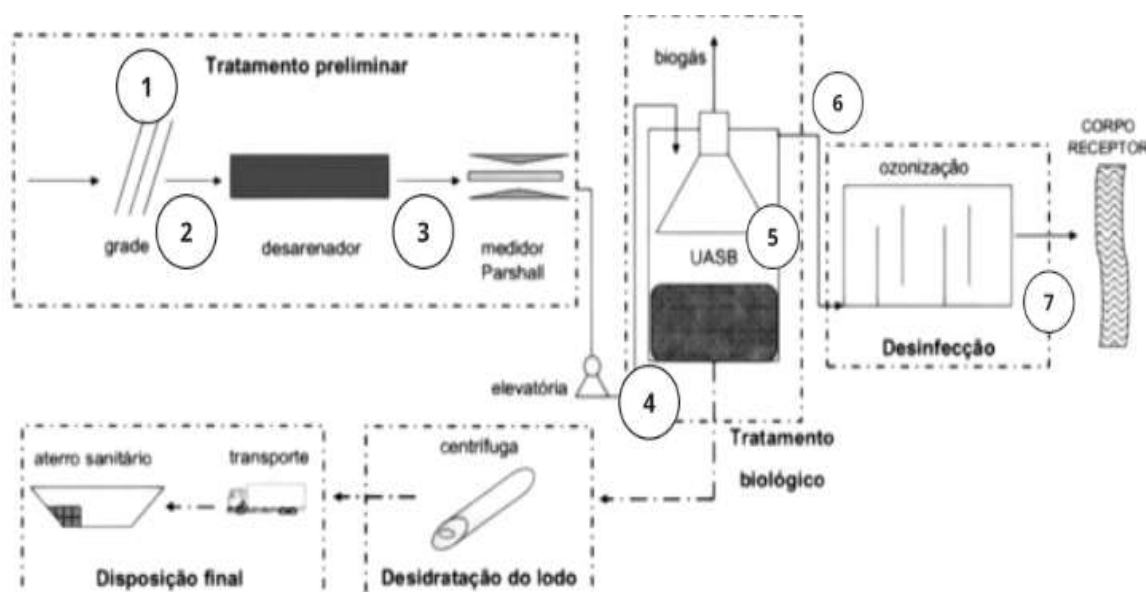
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA E COLETA DE AMOSTRAS

A Estação de Tratamento de Esgoto do Anil (ETE Anil) opera em São Luís do Maranhão na despoluição da Bacia do Rio Anil e promove melhora na balneabilidade das praias da capital maranhense (CAEMA). Localiza-se na área urbana de São Luís, dispõe de aproximadamente 14.400 m², com capacidade de para tratamento de até 162 L/s de esgoto afluente.

O sistema operacional de tratamento de esgoto desenvolvido na ETE Anil é conduzido por reatores anaeróbios de fluxo ascendente (RAFA) além da desinfecção por ozônio nas etapas finais. Realizou-se a coleta do produto e resíduo de cada etapa de tratamento, até o lançamento do efluente tratado no curso do Rio Anil (Figura 1).

Figura 1 - Etapas da operação de tratamento desenvolvidos na ETE Anil, em destaque a sequência dos pontos de coleta.



Fonte: Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão (CAEMA).

ISOLAMENTO, IDENTIFICAÇÃO E CONSERVAÇÃO DOS MICRORGANISMOS ISOLADOS

O isolamento dos microrganismos seguiu a metodologia de Clark (1965), que estabelece a suspensão de 1mL da amostra em 90 mL de solução isotônica estéril a 0,9%, na proporção de 10 mL para 90 mL. Após homogeneizar, a amostra foi seriada até o fator 10^{-3} , em seguida, alíquotas de 1000 μ L das amostras puras e diluídas foram inoculadas em placas de Petri contendo meio de cultura Ágar Sabouraud Dextrose Cloranfenicol, foi empregue a técnica *spread plate* com pérolas de vidro.

Após, as placas foram incubadas a 37°C em estufa com demanda química de oxigênio (DBO) por 48 horas, sequencialmente, foram diferenciadas as colônias formadas com características leveduriformes para serem purificadas em meio de cultura Ágar Sabouraud Dextrose pela técnica de esgotamento e levadas à identificação MALDI-TOF (*Matrix-Assisted Laser Desorption/ Ionization-Time of Flight*) utilizando como matriz *Escherichia coli* ATCC 8739.

Para conservação e armazenamento das amostras, realizou-se o congelamento dos microorganismos em microtubos contendo meio Sabouraud líquido adicionado de Glicerol

a 30%, reproduzido em triplicata. Após a inoculação dos microrganismos nos microtubos, os mesmos foram armazenados em freezer a -20°C (Saeki, 2015).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sete amostras coletadas em diferentes etapas de tratamento realizadas na ETE Anil apresentaram crescimento microbiológico, este estudo destaca as leveduras isoladas em seis amostras (Quadro 1).

Quadro 1 - Relação das leveduras isoladas em diferentes pontos de coleta, considerando o gradiente de diluição.

Isolados ETE Anil		
Ponto de coleta	Diluição	Leveduras identificadas
1 - Resíduo do gradeamento	10 ⁻¹	<i>Candida tropicalis</i>
	10 ⁻²	<i>Candida krusei</i> <i>Candida glabrata</i>
	10 ⁻³	<i>Candida glabrata</i> <i>Candida parapsilosis</i> <i>Candida tropicalis</i>
2 - Pós gradeamento	10 ⁻¹	<i>Candida parapsilosis</i> <i>Candida tropicalis</i>
	10 ⁻³	<i>Candida tropicalis</i>
3 - Pós desarenador	Amostra sem diluição	<i>Candida glabrata</i> <i>Candida metapsilosis</i> <i>Candida krusei</i>
4 - Pós elevatória	Amostra sem diluição	<i>Candida glabrata</i> <i>Hanseniaspora opuntiae</i> <i>Candida parapsilosis</i>
	10 ⁻¹	<i>Candida parapsilosis</i>
	10 ⁻³	<i>Candida parapsilosis</i>
5 - Lodo residual do reator	10 ⁻¹	<i>Candida parapsilosis</i>
7 - Saída do tratado	Amostra sem diluição	<i>Candida parapsilosis</i>

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

A seguir, os diferentes microrganismos identificados na espectrometria de massas, *Candida parapsilosis* foi a espécie dominante, correspondendo a 47,83% dos isolados, seguida por *Candida glabrata* (17,39%), *Candida tropicalis* (17,39%), *Candida krusei* (8,7%), *Candida metapsilosis* (4,35%) e *Hanseniaspora opuntiae* (4,35%).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) relata frequentemente a iminente preocupação acerca da resistência antifúngica, em 2022, foi divulgada a Lista de Patógenos Fúngicos Prioritários da OMS (FPPL) com o intuito de orientar pesquisas e o desenvolvimento de ações de saúde pública. Foram classificadas 19 entidades fúngicas em grupos prioritários de esforços de pesquisa (Crítico, Alto e Médio) (Figura 2).

Figura 2 - Lista de patógenos fúngicos da OMS.

Grupo Crítico	Grupo Alto	Grupo Médio
 <i>Cryptococcus neoformans</i>	 <i>Nakaseomyces glabrata</i> (<i>Candida glabrata</i>)	 <i>Scedosporium</i> spp.
 <i>Candida auris</i>	 <i>Histoplasma</i> spp.	 <i>Lomentospora prolificans</i>
 <i>Aspergillus fumigatus</i>	 Eumycetoma causative agents	 <i>Coccidioides</i> spp.
 <i>Candida albicans</i>	 Mucorales	 <i>Pichia kudriavzevii</i> (<i>Candida krusei</i>)
	 <i>Fusarium</i> spp.	 <i>Cryptococcus gattii</i>
	 <i>Candida tropicalis</i>	 <i>Talaromyces marneffei</i>
	 <i>Candida parapsilosis</i>	 <i>Pneumocystis jirovecii</i>
		 <i>Paracoccidioides</i> spp.

Fonte: OMS (2022).

No contexto dos isolados na ETE Anil, dois isolados estão classificados no grupo de alta prioridade (*C. parapsilosis* e *C. tropicalis*), considera-se ainda a prevalência dessas leveduras nos achados.

A emergência global de *C. parapsilosis* surgiu como uma ameaça à saúde pública, Daneshnia *et al.* (2023), esclarece que apesar de ser um comensal humano, atua como patógeno oportunista, está especialmente associada à infecções nosocomiais, considerando sua alta capacidade para formação de biofilmes complexos em dispositivos médicos (Govrins, 2024).

Análises de Döğen *et al.* (2017), definem que as características ecológicas de *C. parapsilosis* são pouco difundidas, entretanto a capacidade adaptativa dos fungos e a alta resistência a variações de fatores ambientais possibilita um amplo espectro de nichos

ecológicos para crescimento e reprodução em ambientes naturais, como água e solo, e artificiais, como dispositivos e eletrodomésticos (Kulesza *et al.* 2021).

Dentro do gênero *Candida*, Santos (2023), explica que *C. tropicalis* representa uma notoriedade pela prevalência em regiões tropicais, especialmente na América do Sul e Ásia, essa espécie tem demonstrado um preocupante perfil de resistência antifúngica. Além disso, *C. tropicalis* tem grande relevância industrial reconhecida pelo potencial para aplicações biotecnológicas e para síntese de biomoléculas, como etanol, biossurfactantes, enzimas e outros (Queiroz *et al.* 2023).

Askari (2024), descreve *Candida glabrata* como um patógeno humano oportunista, causador de infecções de mucosa e infecções profundas em imunocomprometidos. Considerada um comensal geralmente benigno, *C. glabrata* possui um extenso repertório de fatores de virulência que garantem sua sobrevivência no hospedeiro com características especiais para modular e evadir a resposta imune do organismo em seu benefício (Shantal *et al.* 2022).

Granada (2024), pontua que *C. glabrata* ostenta uma plasticidade genômica que lhe permite desempenhar uma importante resistência antifúngica e patogenicidade, de forma geral, *C. glabrata* é um microrganismo altamente adaptável, essencialmente resistente a estressores imunológicos, com flexibilidade metabólica permitindo sua sobrevivência em ambientes limitados nutricionalmente, justificando sua crescente relevância médica.

Jamiu (2020), alerta que nos últimos anos uma quantidade significativa de infecções foram atribuídas a várias espécies de *Candida*, inclusive *C. krusei*, mesmo sendo comensal à membrana mucosa de indivíduos saudáveis, tem potencial para causar infecções fatais em paciente com sistema imune imaturo ou suprimido, adicionalmente, o tratamento das infecções por *C. krusei* é complexo em razão das resistências aos antifúngicos padronizados clinicamente, como Fluconazol e pela rapidez no desenvolvimento de resistência a outros fármacos.

Nesse sentido, Nguyen *et al.* (2023), destacam que a capacidade de adesão a tecidos do hospedeiro e de formação de biofilme justifica o potencial de *C. krusei* de causar infecções em vários órgãos e tecidos do organismo, a capacidade invasiva se dá pela excreção de proteases e fosfolipases que danificam o tecido do hospedeiro, os riscos de infecção aumentam pela habilidade de evadir o sistema imunológico e sobreviver em condições variáveis.

Gaviria (2024), levanta a hipótese de que a baixa frequência de isolamento de *C. metapsilosis* em ambientes hospitalares ou a semelhança diagnóstica com outras espécies condiciona *C. metapsilosis* a negligência diante do crescente interesse sobre infecções fúngicas, e por isso os aspectos clínicos, patológicos e epidemiológicos relacionados a esse microrganismo ainda não estão devidamente esclarecidos.

Arastehfar *et al.* (2019), concluíram que embora *C. metapsilosis* seja descrita como uma espécie de baixa virulência, é válido destacar sua capacidade em causar variáveis manifestações clínicas, de infecções superficiais a infecções invasivas fatais, os autores

pontuam a necessidade de aplicação de ensaios moleculares em laboratórios a fim de ampliar o conhecimento sobre a epidemiologia e o perfil clínico de espécies fúngicas subestimadas, por exemplo *C. metapsilosis*.

Pinto *et al.* (2024), relata que os membros de *Hanseniaspora* spp. são majoritariamente estudados pela capacidade de aprimorar o perfil sensorial de vinhos e cerveja, entretanto considera-se que há uma lacuna relacionada a sua relevância clínica, *Hanseniaspora* spp. não é considerada um patógeno oportunista, entretanto suas espécies foram documentadas em espectros distintos de infecções humanas.

Estudos associados de Pinto *et al.* (2024), e Wu *et al.* (2022), correlacionam o aumento da prevalência do gênero *Hanseniaspora* spp. no microbioma intestinal de gestantes ao *Diabetes Mellitus Gestacional* (DMG) e esclarecem que níveis elevados de glicose no sangue representam um fator de risco para infecções causadas por *H. opuntiae* considerando a adaptação evolutiva da espécie em ambientes ricos em açúcar.

De modo geral, Lima *et al.* (2017), conclui que o controle de vigilância sobre a qualidade da água é restrito à análise bacteriológica, limitando o conhecimento sobre a disseminação de fungos patogênicos em água, espécie fúngicas de patogenicidade conhecida estão sendo comumente isoladas em água.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos revelam um contexto preocupante relacionado a ETE Anil, a confirmação de que a estação abriga a diversidade microbiológica analisada neste estudo alerta para a hipótese de que essa estrutura possa atuar como reservatório e vetor ambiental, contribuindo para disseminação de fungos patogênicos em ambientes comunitários de São Luís.

Algumas limitações devem ser pontuadas, como a ausência de técnicas avançadas de análise microbiológica, o monitoramento limitado e a amostragem. A crescente importância das operações de desinfecção desenvolvidas em ETEs conduz para a necessidade de análises aprofundadas sobre seu papel na disseminação de microrganismos.

Para isso, estudos futuros devem integrar abordagens sobre a patogenicidade das leveduras encontradas, além disso, sugere-se o monitoramento longitudinal das ETEs em diferentes períodos com a finalidade de ampliar a amostragem, permitindo uma análise mais eficiente do tratamento contra leveduras. Por fim, destaca-se a necessidade de desenvolvimento de indicadores de vigilância ambiental e integração ao sistema de saúde pública, de acordo com o conceito de Saúde Única (*One Health*), visando o controle da disseminação microbiológica em escala local e regional.

REFERÊNCIAS

ARASTEHFAR, Amir *et al.* Molecular identification, genotypic diversity, antifungal susceptibility, and clinical outcomes of infections caused by clinically underrated yeasts,

Candida orthopsilosis, and Candida metapsilosis: An Iranian Multicenter Study (2014-2019). **Frontiers in Cellular and Infection Microbiology**, v. 9, 2019.

ASKARI, Fizza; KAUR, Rupinder. Candida glabrata: A tale of stealth and endurance. **ACS Infectious Diseases**, v. 11, n. 1, p. 4-20, 2024.

CAEMA. Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão. **Maranhão ganha destaque no saneamento nacional**. [S. l.], 2025.

CARVALHO, Marlon M. F. et al. Avaliação da conformidade ambiental do efluente da estação de tratamento de esgoto em corpos hídricos: Estudo de caso da ETE-Vinhais no Rio Anil, São Luís – MA. **Inovae - Revista de Engenharia, Arquitetura e Inovação Tecnológica**, v. 8, n. 1, 2020.

DANESHIA, Farnaz et al. Worldwide emergence of fluconazole-resistance Candida parapsilosis: current framework and future research roadmap. **The Lancet Microbe**, v. 4, n. 6, p. E470-E480, 2023.

DOGEN, Aylin et al. Candida parapsilosis in domestic laundry machines. **Medical Mycology**, v. 55, n. 8, p. 813-819, 2017.

GAVIRIA, Manuela Gómez et al. The emerging pathogen Candida metapsilosis: Biological aspects, virulence factors, diagnosis, and treatment. **Infection and Drug Resistance**, v. 17, p. 171-185, 2024.

GONZAGA, Wagner J. D.; PINHEIRO, Nathalia C. A. **Estação de Tratamento de Esgoto Anil (ETE Anil) como nova ferramenta para a recuperação ambiental do Rio Anil em São Luís, Maranhão**. [S. l.], 2025.

GRANADA, Maria et al. Microbe Profile: Candida glabrata - a master of deception. **Microbiology Society**, v. 170, n. 11, 2024.

GROVINS, Miriam; FLORL, Cornelia Lass. Candida parapsilosis complex in the clinical setting. **Nature Reviews Microbiology**, v. 22, p. 26-59, 2024.

JAMIU, A. T. et al. Update on Candida krusei, a potential multidrug-resistance pathogen. **Medical Mycology**, v. 59, n. 1, p. 14-30, 2021.

KULESZA, Kamila et al. Dishwashers as an extreme environment of potentially pathogenic yeast species. **Pathogens**, v. 10, n. 4, p. 446, 2021.

LIMA, Anni Kelle Serrão et al. Fungos isolados da água de consumo de uma comunidade ribeirinha do médio Rio Solimões, Amazonas-Brasil: potencial patogênico. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, n. 6, 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Cadernos Temáticos Saneamento Básico: Tratamento de Esgoto**. Brasília, DF, 2016.

NGUYEN, Thi Anh *et al.* *Pichia kudriavzevii* (Candida krusei): A systematic review to inform the World Health Organisation priority list of fungal pathogens. **Medical Mycology**, v. 62, n. 6, 2024.

PENTEADO, Talita B.; BRANCHI, Bruna A. Água e Saneamento Básico: Os direitos humanos para o desenvolvimento sustentável. **Interfaces Científicas - Humanas e Sociais**, v. 10, n. 1, p. 414-427, 2023.

PESSANHA, Raquel A.; OLIVEIRA, Mariângela D.; SIZOTE, Maria E. M. **Contaminantes Emergentes em Águas Brutas e tratadas no Brasil**: Uma revisão sistemática da literatura. 2021. 95 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória, 2021.

PINTO, Tatiane Nobre *et al.* Detection of *Hanseniaspora opuntiae* in anovaginal samples of pregnant women in Rio de Janeiro, Brazil - a case report. **Frontiers in Cellular and Infection Microbiology**, v. 14, n. 1394663, 2024.

QUEIROZ, Sarah de Souza *et al.* Current advances in *Candida tropicalis*: Yeast overview and biotechnological applications. **Biotechnology and Applied Biochemistry**, v. 70, n. 6, p. 2069-2087, 2023.

SAEKI, Erika K.; FARHAT, Lúcio P.; PONTES, Érica A. Efficiency of cryoprotectants glycerol and skimmed milk for microorganisms freezing. **Acta Veterinária Brasileira**, v. 9, n. 2, p. 195-198, 2015.

SANTOS, Murilo Moreira; ISHIDA, Kelly. We need to talk about *Candida tropicalis*: Virulence factors and survival mechanisms. **Medical Mycology**, v. 61, n. 8, 2023.

SHANTAL, Castrejón Jiménez Nayeli. *Candida glabrata* is a successful pathogen: An artist manipulating the immune response. **Microbiological Research**, v. 260, p. 127038, 2022.

SILVA, Isadora Q. **Análise Preliminar dos Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário de São Luís do Maranhão, Brasil**: Uma abordagem ambiental. 2015. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia Interdisciplinar) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2015.

WU, Na *et al.* The gut mycobiome characterization of Gestational Diabetes Mellitus and its association with dietary intervention. **Frontiers in Cellular and Infection Microbiology**, v. 13, n. 892859, 2022.